

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 103 15 361.6

**Anmeldetag:** 03. April 2003

**Anmelder/Inhaber:** ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zur Herstellung von Wicklungen  
und Wicklungsverschaltungen

**IPC:** H 02 K 15/04

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 26. Februar 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Dr. G. G. G.

R.305172

21. März 2003

5 Robert Bosch GmbH

Verfahren zur Herstellung von Wicklungen und Wicklungsverschaltungen

Technisches Gebiet

10

Wicklungen für elektrische Maschinen, wie zum Beispiel Asynchronmotoren, können im Wege der Einziehtechnik hergestellt werden. Die Einziehtechnik zur Herstellung von Wicklungen für elektrische Maschinen wird sowohl bei Niederspannungsmotoren, die bei Spannungen unterhalb von 50 V betrieben werden eingesetzt als auch bei Elektromotoren, die mit höheren Spannungen betrieben werden. Bei der Herstellung von Wicklungen für Niederspannungsmotoren (Betriebsspannung  $\leq 50$  V) werden die Wicklungen aus parallel liegenden Drähten hergestellt, um den erforderlichen Wicklungsquerschnitt zu gewährleisten.

20

Stand der Technik

25

Bei Lenkantrieben für Fahrzeuge oder für Stellantriebe in Fahrzeugen kommen Niederspannungsmotoren zum Einsatz, die mit Betriebsspannungen unterhalb von 50 V betrieben werden. Bordnetze von Kraftfahrzeugen werden heute in der Regel als 12 V-Bordnetze ausgelegt; ferner sind Entwicklungstendenzen absehbar, auf das 42 V-Bordnetz in einem Kraftfahrzeug überzugehen. Bei beiden Bordnetzspannungen, d.h. bei einer Bordnetzspannung von 12 V und einer Bordnetzspannung von 42 V können als Asynchronmotoren ausgebildete Niederspannungsmotoren, die an einer Betriebsspannung  $\leq 50$  V betreibbar sind, eingesetzt werden. Die Wicklungen von Niederspannungsmotoren werden aus parallelen Drähten gefertigt, um den für diese elektrischen Maschinen erforderlichen Wicklungsquerschnitt zu gewährleisten. Eine Fertigung von Wicklungen für Niederspannungsmotoren, wie zum Beispiel Asynchronmotoren, aus parallelen Einzeldrähten führt jedoch zu einem hohen Verschaltungsaufwand an den Stirnseiten der im Allgemeinen manuell hergestellten

35

Wicklung.

Die im Wege der Einziehtechnik hergestellten Wicklungen für Asynchronmotoren aus parallelen Drähten weisen ferner den Nachteil auf, dass im Wege der Einziehtechnik nur ein geringer Nutzfüllfaktor erzielt werden kann. Aufgrund des niedrigen Nutzungsgrades der

Nuten, in welchen die parallel verlaufenden Drähte eingelegt werden, sind zur Erzielung ausreichender Wicklungsquerschnitte eine größere Anzahl von Nuten erforderlich, was wiederum zu hohen Bauvolumina bei im Niederspannungsbereich von unterhalb 50 V betreibbaren elektrischen Maschinen, wie sie zum Beispiel Asynchronmaschinen als Lenk-  
5 antrieb darstellen, führt.

Ferner ist es bekannt, bei der Herstellung von Gleichstrommotoren zur Herstellung der Wicklungspakete auf die Stecktechnik zurückzugreifen.

10 Gemäß des Einziehverfahrens, vgl. „Technologie des Elektromaschinenbau's“ R. Tzscheuschler, H. Olbrich und W. Jordan, Verlag Technik GmbH, Berlin, Seite 336, Technologische Grundverfahren zur Herstellung von Wicklungen werden lose vorgewickelte Kupferlackdrahtspulen in halb geschlossene Nuten eingesetzt. Das Einziehverfahren wird zum Bewickeln von Ständern eingesetzt. Abhängig von der Hubgeschwindigkeit eines Hydraulikzylinders und der Ständerpaketlänge kann nutfüllend eine Spulenseite beziehungsweise Spule oder selbst eine komplette Wicklung eingezogen werden, wobei ein gleichzeitiges Einschieben von Deckenisolierkappen möglich ist. Das Grundprinzip beruht darauf, die Spulenseiten auf weniger als Nutschlitzbreite verdünnt und gegen die Nutschlitzkanten geschützt durch Kraftangriff an der vorderen Stirnseite mittels Hubbewegung  
20 in die Nuten einzuziehen. Die Ausrichtung der Drähte und der Schutz gegen die Nutschlitzkanten lässt sich durch polierte Stahlprofile, die auch als Einziehnadeln bezeichnet werden, erreichen. Im Einziehwerkzeug sind die Einziehnadeln an einem bestimmten Ständerblechschnitt sowie die Paketlänge angepasst. Die Spulen werden dem Wickelschema gemäß zwischen die Nadeln gewickelt oder gehängt.

25

Charakteristisch für die Lage eingezogener Spulen bei Ende des Einziehvorganges ist die im Ständerlängsschnitt ausgebildete S-Form. Die Spulen liegen oft auch nicht mittig zum Ständer. An der Austrittsseite überbrücken die Spulenköpfe sehnenartig den Bohrungsraum, was besonders ausgeprägt bei 2-poligen Wicklungen auftritt. Zu weiteren Einziehvorgängen sind deshalb Zwischenformoperationen nötig.  
30

Mit dem Einziehverfahren lassen sich 1-, 2- und 3-strängige Wicklungen beliebiger Polzahl realisieren. Vorzugsweise werden sie als Einschichtwicklungen mit ebenen Anordnungen der Wickelköpfe ausgebildet. Zweischichtwicklungen sind in zwei Einziehvorgängen möglich, ein Deckkappenprofil sollte zur Zwischenisolierung eingesetzt werden.  
35

### Darstellung der Erfindung

Durch das erfindungsgemäß vorgeschlagene Verfahren zur Herstellung von 3-phasigen Wicklungen mit Verschaltung lassen sich hohe Nutzfüllfaktoren, die bei der Einziehtechnik  
5 nur beschränkt erzielbar sind, realisieren. Aufgrund der erzielbaren hohen Nutzfüllfaktoren können die Bauvolumina mit dem erfindungsgemäßen Verfahren gefertigter 3-phasiger Wicklungen reduziert werden. Darüber hinaus kann unter Anwendung des erfindungsgemäß vorgeschlagenen Verfahrens eine automatisierbare Herstellung der Wicklungen realisiert werden. Durch die Integration der Verschaltung des Sternpunktes an einer Seite eines  
10 Stators einer elektrischen Maschine sind separate bisher erforderliche, auch manuell durchgeführte Arbeitsgänge bei der Herstellung von 3-phasigen Wicklungen entbehrlich. Die Verschaltung des Sternpunktes kann in die Herstellung der 3-phasigen Wicklungen integriert werden, so dass sich einerseits eine automatisierbare Herstellung der Wicklung und andererseits eine im gleichen Herstellprozess erfolgende automatisierbare Herstellung des Sternpunktes erreichen lassen.

Als weiterer Vorteil des erfindungsgemäß vorgeschlagenen Verfahrens ist zu nennen, dass sich mit diesem eine kompakte, Bauvolumen-minimierte Sternpunktanordnung erzielen lässt, da die Herstellung des Sternpunktes im Rahmen des gleichen Herstellungsprozesses  
20 an ein und derselben Werkzeugaufnahme durchgeführt werden kann. Mit dem erfindungsgemäß vorgeschlagenen Verfahren können neben der Integration der Verschaltung der Sternpunktanordnung bei der Formung des Wickelkopfes keilförmig geprägte Drahtelemente eingesetzt werden. Durch keilförmig geprägte Drahtelemente kann in vorteilhafter Weise eine bessere Ausnutzung der Nut hinsichtlich einer Erhöhung des Nutzfüllfaktors  
25 einer elektrischen Maschine erreicht werden. Damit wiederum ist die Erhöhung der spezifischen Leistung pro Bauvolumen einer elektrischen Maschine möglich.

3-phasige Wicklungen oder Rechteckdrahtwicklungen werden in der Regel aus geprägten Runddrahtformelementen hergestellt, die entweder als U-Bügelelemente, gerade Phasendräh-  
30 te, als Endlosdraht bei der Einzugstechnik oder gerade mit einer Kröpfung versehene Sternpunktdrähte ausgebildet sein können.

Nach dem erfindungsgemäß vorgeschlagenen Verfahren wird der Runddraht zunächst keilförmig geprägt oder gewalzt. In einem weiteren Arbeitsschritt des erfindungsgemäß vorgeschlagenen Verfahrens werden die Drähte in einer Einrichtung zum Wickelformen positioniert. In entsprechenden Positionen werden die Stern- und Phasendräh- und U-Bügelelemente gesteckt und durch ein anschließendes Verschränken der Wickelschablonen  
35 zueinander der herzustellende Wickelkopf kompakt geformt. Der entstehende Drahtkäfig wird mittels einer Übersetzeinrichtung auf ein vorbereitetes Lamellenpaket übergesteckt,

wobei das vorbereitete Paket entweder Papierisolationen enthalten kann oder eine Isolation auf dem Wege der Pulverbeschichtung herbeigeführt worden ist.

5 Eine Verschränkung auf der Gegenseite resultiert in einem Wickelschritt. Nach dem Verbinden der Leiterelemente mittels eines thermischen Fügeverfahrens, so zum Beispiel im Wege des Widerstandsschweißens, des Laserstrahlschweißens, des Elektronenstrahlschweißens oder des Lötens, wird eine automatische Kontaktierung des Sternpunktes hergestellt. Neben dem Verbinden der Leiterelemente auf dem Wege stoffschlüssiger Fügeverfahren kann deren Verbindung auch über das Warmpressen oder eine kalte Kontaktiertechnik wie z.B. das Vernieten oder Verkrampen herbeigeführt werden.

10

### Zeichnung

Anhand der Zeichnung wird die Erfindung nachstehend eingehender beschrieben.

Es zeigt:

Figur 1 eine Prägevorrichtung zur Formung von Wickeldrähten,

20 Figur 2a,  
2b und 2c Drahtelemente in verschiedenen Ausführungsvarianten zur Herstellung von Wicklungen,

Figur 3 die Draufsicht auf ein Schränkwerkzeug,

25 Figur 4 teilweise in ein Schränkwerkzeug eingesteckte Drahtelemente zur Formung des Wickelkopfes,

Figur 5 einen fertig geformten Wickelkopf mit integriertem Sternpunkt,

30 Figur 6 ein ausgeworfener Drahtkorb zum Einsetzen in ein Lamellenpaket,

Figur 7 den Fügevorgang vom Drahtkorb und Lamellenpaket,

35 Figur 8 die Darstellung der Schränkaufnahme auf der Schaltseite der Wicklung,

Figur 9 die Darstellung der Schaltseite der Wicklung,

Figur 10 die Darstellung der stoffschlüssigen Verbindung auf der Schaltseite

Figur 11 das Schweißen des Sternpunktes auf der Sternpunktseite der Wicklung,

Figuren 12 a,

5 12b, 12c jeweils Draufsicht, Seitenansicht und Details der Sternpunktseite einer ersten Wicklungsvariante,

Figuren 13a,

10 13b, 13c jeweils Draufsicht, Seitenansicht und Details der Sternpunktseite einer zweiten Wicklungsvariante und

Figuren 14a,

14b, 14c jeweils Draufsicht, Seitenansicht und Details der Sternpunktseite einer dritten Wicklungsvariante.

#### Ausführungsvarianten

Der Darstellung gemäß Figur 1 ist eine Prägevorrichtung zur Formgebung von als Wicklungsmaterial eingesetzten Drahtelementen zu entnehmen.

20

In einem Prägewerkzeug 1, wie es in Figur 1 schematisch dargestellt ist, wird ein in Stabform zugeführtes Drahtmaterial verformt. Das in Stabform zugeführte Drahtmaterial 3 durchläuft einen Materialeinlauf 6 und gelangt in den Bereich zwischen einem ersten Formteil 4 und zweiten Formteil 5. Die beiden Formteile 4, 5 sind jeweils in Prägeteilen des Prägewerkzeuges 1 aufgenommen, welche über Hydraulikstempel 2 zusammen- oder auseinanderfahrbar sind. Anstelle von Hydraulikstempeln 2 kann das Zusammen- oder Auseinanderfahren der Formteile 4, 5 auch über Pneumatikzylinder oder Elektroantriebe erfolgen. Entsprechend der Formgebung des ersten Formteils 4 und des zweiten, zum ersten Formteil 4 komplementär ausgebildeten Formteils 5 kann dem über den Materialeinlauf 6 in das Prägewerkzeug 1 einlaufenden, in Stabform vorliegenden Drahtmaterial 3 beispielsweise eine Keilform 13 aufgeprägt werden (vgl. Darstellung gemäß Figur 2).

30

Neben der Keilform 13 lässt sich in dem Prägewerkzeug 1 dem in Stabform in dieses einlaufende Drahtmaterial 3 auch eine andere Geometrie aufprägen, welche den Nutfüllfaktor von Nuten in einer elektrischen Maschine steigert.

35

Den Figuren 2a, 2b und 2c sind Drahtelemente in verschiedenen Ausführungsvarianten zur Herstellung von mehrphasigen Wicklungen zu entnehmen.

Gemäß Figur 2a ist ein U-Bügelelement 7, welches vor einem Biegevorgang das in Figur 1 dargestellte Prägewerkzeug 1 durchlaufen hat und demzufolge im Bereich seiner beiden Schenkel mit einer Keilform 13 versehen ist, an einer Rundung 10 derart gebogen, dass die beiden Schenkel des U-Bügelelements 7 jeweils in einem ersten Drahtende 8 beziehungsweise in einem zweiten Drahtende 9 auslaufen. Bei der nachfolgenden Herstellung einer Wicklung 32 (vgl. Darstellung in den Figuren 6 beziehungsweise 7) sind die Rundungen 10 an der Außenseite einer Sternpunktseite angeordnet, während die Drahtenden 8, 9 auf der Schaltseite der Wicklung 32 liegen. Bei der Fertigung der U-Bügelelemente 7 kann zunächst ein Biegevorgang und ein sich anschließender Prägeschritt erfolgen – die Fertigungsreihenfolge kann jedoch auch in umgekehrter Weise erfolgen. Sinngemäß gilt die erwähnte Abfolge der Fertigungsschritte sowohl für U-Bügelelemente 7, Sternpunktdrähte 11 sowie Phasendrähte 12.

Figur 2b ist weiterhin ein Sternpunktdraht 11 zu entnehmen, dem ebenfalls die Keilform 13 aufgeprägt ist. Der Sternpunktdraht 11 umfasst ein um  $90^\circ$  zum Drahtverlauf gewinkelt angeordnetes Endstück, welches während der Herstellung der Wicklung mit einem Sternpunkttring stoffschlüssig verbunden wird.

Figur 2c ist darüber hinaus ein Phasendraht 12 entnehmbar, dem ebenfalls die Keilform 13 aufgeprägt ist, welche den Nutzfüllfaktor in einer Wicklung einer elektrischen Maschine signifikant verbessert. Die in Figur 2c dargestellte Kröpfung des Phasendrahtes 12 ergibt sich aus den Formen des Wickelkopfes. Zunächst werden die Phasendrähte 12, die gerade ausgebildet sind, in ein Schränkwerkzeug eingesteckt. Prinzipiell ist es möglich, dass die zunächst geraden Phasendrähte 12 beim Wickelkopfformen gerade bleiben, die in Figur 2c dargestellte Kröpfung der Phasendrähte 12 kann sich an diesen je nach Teilkreisdurchmesser des eingesetzten Schränkwerkzeuges ergeben.

Figur 3 ist die Draufsicht auf ein Schränkwerkzeug zu entnehmen.

Das in Figur 3 dargestellte Schränkwerkzeug 14 umfasst eine Außenscheibe 15, die stationär angeordnet ist sowie eine Innenscheibe 16, die relativ zur stationär aufgenommenen Außenscheibe 15 verdrehbar ist. Die Außenscheibe 15 und die Innenscheibe 16 des Schränkwerkzeuges 14 können auch beide beweglich sein. Mit beiden dargestellten Ausführungsvarianten des Schränkwerkzeuges 14 lässt sich eine Relativbewegung einer Außenscheibe 15 zu einer Innenscheibe 16 erzeugen, wodurch ein Verschränken zur Formung eines Wicklungskopfes möglich ist.

Am Innenumfang der Außenscheibe 15 sind in regelmäßigen Abständen voneinander erste Öffnungen 17 ausgebildet, die einen etwa keilförmigen Öffnungsquerschnitt aufweisen.

Am Außenumfang der Innenscheibe 16 sind in identischer Teilung zu den ersten Öffnungen 17 am Innenumfang der stationären Außenscheibe 15 zweite Öffnungen 18 ausgebildet, die ebenfalls einen keilförmig ausgebildeten Öffnungsquerschnitt aufweisen. Über eine Verdrehung der Innenscheibe 16 relativ zur stationär angeordneten Außenscheibe 15 erfolgt ein Verschränken von in die ersten Öffnungen 17 und zweiten Öffnungen 18 eingeführten U-Bügelelemente 7 gemäß der Darstellung in Figur 2.

Figur 4 ist die Darstellung eines Schränkwerkzeuges zu entnehmen, in welches zum Teil Drahtelemente zur Formung eines Wickelkopfes eingeführt sind.

Das in Figur 4 in einer perspektivischen Draufsicht dargestellte Schränkwerkzeug 14 umfasst die stationär angeordnete Außenscheibe 15 sowie die relativ zu dieser verdrehbare Innenscheibe 16. Die ersten Öffnungen 17 der stationären Außenscheibe 15 umschließen die an der Außenumfangsfläche der Innenscheibe 16 ausgebildeten zweiten Öffnungen 18 ringförmig. Sowohl die ersten Öffnungen 17 als auch die zweiten Öffnungen 18 weisen einen im Wesentlichen keilförmig konfigurierten Querschnitt auf, der komplementär zur Keilform 13 der in Figur 2 dargestellten Drahtelemente 7, 11 und 12 ausgebildet ist.

In der Darstellung gemäß Figur 4 sind in die ersten Öffnungen 17 sowie die zweiten Öffnungen 18 die Schenkel der U-Bügelelemente 7 derart eingesteckt, dass deren Rundungen 10 an einer Sternpunktseite 23 einer noch zu fertigenden Wicklung liegen. Ferner ist in eine zweite Öffnung 18 am Außenumfang der Innenscheibe 16 ein Sternpunktdraht 11 eingeführt, dessen auf der Sternpunktseite 23 liegendes Ende abgewinkelt ist. Dem Sternpunktdraht 11 mit abgewinkeltem Ende gegenüberliegend ist in die korrespondierende erste Öffnung 17 am Innenumfang der stationären Außenscheibe 15 ein Leiterelement 19 eingelassen. Bei dem Leiterelement 19 handelt es sich um einen Phasendraht. Dieser dient zur Bestromung der Wicklung der herzustellenden 3-phasigen Wicklung oder der Rechteckdrahtwicklung, wobei die Verwendung eines steifen, dicken Drahtes als Leiterelement 19 die Möglichkeit bietet, an diesem direkt den Stromanschluß der zu fertigenden Wicklung auszubilden, der z.B. als Steckkontakt beschaffen sein kann.

Figur 5 ist ein fertig geformter Wickelkopf mit integriertem Sternpunkt zu entnehmen.

Nach dem Einstecken von U-Bügelelementen 7 in die zueinander korrespondierenden Öffnungen 17 und 18 an der Außenscheibe 15 und der Innenscheibe 16 erfolgt ein Verschränken der U-Bügelelemente 7, d.h. eine Relativbewegung der beiden in den Schränkwerkzeugen 14 aufgenommenen Schenkel der U-Bügelelemente 7 zueinander. Der entstehende Wickelkopf 20 ist in einer perspektivisch wiedergegebenen Draufsicht in Figur 5 dargestellt. Der Wickelkopf 20 umfasst einen integrierten Sternpunkt 21, der beim Verschränken



der in die Öffnungen 17 beziehungsweise 18 eingesteckten U-Bügelelemente 7 in einem Arbeitsgang hergestellt wird. Die abgewinkelten Enden der Sternpunktdrähte 11 weisen sternförmig einander zu. Der beim Verschränken entstehende Drahtkorb ist in Figur 5 noch im Schränkwerkzeug 14 umschlossen und nicht dargestellt. Den einzelnen Sternpunktdrähten 11 an der Außenseite des Wickelkopfes 20 gegenüberliegend sind die Leiterelemente 19 angeordnet, über welche eine Bestromung der herzustellenden Wicklung erfolgt. Die Formung des Wickelkopfes 20 gemäß der Darstellung in Figur 5 erfolgt durch ein Verschränken, d.h. einer Relativbewegung von Innenscheibe 16 und Außenscheibe 15 des Schränkwerkzeuges 14 entsprechend einer Wickelschablone.

Figur 6 zeigt einen aus einem Werkzeug ausgeworfenen Drahtkorb zum Einsetzen in ein Lamellenpaket einer elektrischen Maschine.

Wie der Darstellung gemäß Figur 6 entnehmbar ist, ist der Wickelkopf 20 an der Sternpunktseite 23 eines Drahtkorbes 22 ausgebildet. Unterhalb des Wickelkopfes 20 sind verschränkte Wicklungsdrähte 27, die einen keilförmigen Querschnitt aufweisen, dargestellt. Die Mantelfläche des Drahtkorbes 22 wird durch die U-Bügelelemente 7 gebildet, die in ihrem oberen Bereich unterhalb der Rundung 10 eine Verschränkung 27 aufweisen und unterhalb der Verschränkung 27 im Wesentlichen senkrecht zueinander verlaufen. An der Sternpunktseite 23 des Wickelkopfes 20 sind die Sternpunktdrähte 11 dargestellt, deren Enden einander zuweisen und mit einem in Figur 6 nicht dargestellten Sternpunkttring stoffschlüssig verbunden sind. Den Sternpunktdrähten 11 jeweils an der Außenseite des Wickelkopfes 20 gegenüberliegend befinden sich die Leiterelemente 19 zur Bestromung der noch herzustellenden Wicklung.

Figur 7 ist der Fügevorgang des Drahtkorbes mit einem Lamellenpaket einer elektrischen Maschine zu entnehmen.

Eine Übersetzereinrichtung, die in Figur 7 lediglich schematisch angedeutet ist, umfasst einen Stempel, mit welchem unter Zwischenschaltung eines Übertragungselementes der Drahtkorb 22 in Pfeilrichtung auf ein Lamellenpaket eingeschoben wird. Zum Schutz des Wickelkopfes 20 des in diesem integrierten Sternpunktes 21 sowie zum Schutz der Leiterelemente 19 ist an der Sternpunktseite 23 des Drahtkorbes 22 das Übertragungselement angeordnet. Das Lamellenpaket 24 kann bereits mit einer Papierisolation versehen sein; ferner kann die Isolation durch Pulverbeschichtungsverfahren erfolgen. Beim Fügevorgang gemäß der Darstellung in Figur 7 ist das Lamellenpaket 24 gemäß eines der aufgezählten Isolationsverfahren isoliert.

Figur 8 ist die Schaltseite der Wicklung zu entnehmen.

Aus der Draufsicht gemäß Figur 8 geht hervor, dass auf der Schaltseite 25 der Wicklung die ersten Drahtenden 8 und die zweiten Drahtenden 9 der U-Bügelelemente 7 einander gegenüberliegen. Unterhalb der in einer im Wesentlichen plan verlaufenden Ebene liegenden Drahtenden 8 beziehungsweise 9 befinden sich verschränkte Wicklungsdrähte 27. Die Verschränkung auf der Schaltseite 25 der Wicklung erfolgt durch eine Relativbewegung des Schränkwerkzeuges 14 zu einem stationären Teil des Schränkwerkzeuges 26, welches im Wesentlichen von den in Figur 8 nicht dargestellten, parallel zueinander verlaufenden Schenkeln der U-Bügelelemente 7 durchsetzt ist, welche durch die Rundung 10 auf der Sternpunktseite 23 der Wicklung verbunden sind.

Figur 9 ist die Darstellung der Schränkaufnahme auf der Schaltseite der Wicklung zu entnehmen.

Auf der Schaltseite 25 der hergestellten Wicklung 32 liegen die Enden 8 beziehungsweise 9 der verschränkten Wicklungsdrähte 27 auf zwei zueinander konzentrisch verlaufenden Kreisen einander gegenüber. Auch innerhalb der Verschränkung auf der Schaltseite 25 der Wicklung 32 weisen die U-Bügelelemente 7 einen keilförmigen Querschnitt 13 auf.

Figur 10 ist die Herstellung der stoffschlüssigen Verbindung auf der Schaltseite der Wicklung 32 zu entnehmen.

Gemäß der Darstellung in Figur 10 ragt die Schaltseite 25 der Wicklung 32 aus der Schränkaufnahme hervor. Die verschränkten Wicklungsdrähte 27 weisen den im Prägewerkzeug 1 gemäß Figur 1 erzeugten keilförmigen Querschnitte 13 auf. Die ersten Drahtenden 8 sowie die zweiten Drahtenden 9 der U-Bügelelemente 7 stehen auf der Schaltseite 25 in einem Abstand zueinander. Mittels einer ersten Backe 28 und einer diesen gegenüberliegenden zweiten Backe 29 werden die Enden 8 beziehungsweise 9 eines jeden U-Bügelelementes 7 aneinander gepresst, bevor eine stoffschlüssige Verbindung auf der Schaltseite 25 der Wicklung 32 erzeugt wird.

Figur 11 zeigt das Erzeugen einer stoffschlüssigen Verbindung auf der Sternpunktseite 23 einer Wicklung.

Die von dem Lamellenpaket 24 umschlossene Wicklung weist auf der Sternpunktseite 23 den Wickelkopf 20 auf. An der Innenseite des Wickelkopfes 20 liegend weisen drei Sternpunktdrähte 11 mit ihren abgewinkelten Enden einander zu. Die einzelnen abgewinkelten Enden der Sternpunktdrähte 11 werden mit einem Sternpunkttring 40 stoffschlüssig verbunden. Das stoffschlüssige Fügen der abgewinkelten Enden der Sternpunktdrähte 11 mit

dem Sternpunkttring 40 kann beispielsweise auf dem Wege des Widerstandsschweißens, des Laserschweißens, des Elektronenstrahlschweißens oder des Lötens erfolgen, wobei das Fügen der abgewinkelten Ende der Sternpunktdrähte 11 mit dem Sternpunkttring 40 auch durch Kaltumformungsverbindungstechniken erfolgen kann. Auch auf dem Wege des Warmpressens kann eine automatische Kontaktierung der abgewinkelten Enden der Phasendrähte 11 mit dem Sternpunkttring 40 erfolgen, so dass der integrierte Sternpunkt 21 entsteht. Über den Wickelkopf 20 auf der Schaltseite 23 hervorstehend und neben den abgewinkelten Enden der Sternpunktdrähte 11 angeordnet, stehen die Leiterelemente 19 über die Oberseite des Wickelkopfes 20 vor.

Aus der Darstellung gemäß Figur 11 geht darüber hinaus hervor, dass unterhalb der verschränkten Wicklungsdrähte 27 der Wicklung diese von Isolationen 31 umschlossen sind. Die beispielsweise durch Pulverbeschichtung oder durch Papierröhren gebildete Isolation 31 wird vor dem Fügevorgang des Drahtkorbes 22 (vgl. Darstellung gemäß Figur 7) mit dem vorbereiteten Lamellenpaket 24 an der Innenseite des Lamellenpaketes 24 ausgebildet.

Aufgrund der Anordnung des Sternpunkttringes 40 oberhalb des Wickelkopfes 20 lässt sich in vorteilhafter Weise erreichen, dass der Innendurchmesser des Lamellenpaketes 24 nicht reduziert zu werden braucht. Aufgrund der Anordnung des Sternpunkttringes 40 an der Innenseite 41 des Wickelkopfes 20 lässt sich darüber hinaus eine Reduzierung der Baulänge der hergestellten Wicklung 32 erreichen. Ein weiterer Vorteil ist dadurch gegeben, dass keine zusätzlichen Isolationselemente so z.B. Kunststoffmasken oder Isolierpapier erforderlich sind.

In den Figuren 12a, 12b, 12c; 13a, 13b, 13c und 14a, 14b sowie 14c sind verschiedene Ausführungsvarianten von mit dem erfindungsgemäß vorgeschlagenen Verfahren hergestellten Wicklungen 32 dargestellt.

Diese Wicklungen 32 können beispielsweise an elektrischen Maschinen, wie zum Beispiel Asynchronmotoren, für den Niederspannungsbereich eingesetzt werden. Hinsichtlich der Anwendung in Kraftfahrzeugen können als Asynchronmotoren ausgebildete elektrische Maschinen sowohl als Lenkungsantriebe, Lüfterantriebe, Hydraulikantriebe und als Stellantriebe eingesetzt werden. Ein weiterer Einsatzbereich von Asynchronmotoren, deren Wicklungen im Wege des obenstehend beschriebenen Verfahrens hergestellt sind, sind Fahrtriebe für Gabelstapler oder andere Flurförderfahrzeuge.

In den Figuren sind jeweils Draufsicht, Seitenansicht und Details der Sternpunktseite für eine erste Variante gemäß der Figuren 12a, 12b und 12c, eine zweite Variante gemäß Figur 13a, 13b und 13c sowie eine dritte Variante gemäß Figur 14a, 14b und 14c dargestellt.

Jeder der Ausführungsvarianten gemäß Figur 12a, 13a und 14a in der Draufsicht ist gemeinsam, dass die Wicklung 32 von dem Lamellenpaket 24 umschlossen ist. Der Sternpunkttring 40 liegt stets auf der Innenseite 41 des Wickelkopfes 20, so dass in vorteilhafter  
5 Weise eine Reduzierung der Baulänge der Wicklung 32 erzielt werden kann.

In der Ausführungsvariante gemäß Figur 13a ist der Sternpunkttring 40 mit drei in einer Teilung von  $120^\circ$  zueinander angeordneten Ausnehmungen 45 versehen, während in der Draufsicht auf die Ausführungsvariante der Sternpunkttring 40 einzelne, ebenfalls in einem  
10 Umfangswinkel von  $120^\circ$  zueinander angeordnete Schlaufen 44 aufweist. Sämtlichen in den Figuren 12a, 13a und 14a dargestellten Ausführungsvarianten ist gemeinsam, dass der Sternpunkttring 40 mit seiner stoffschlüssigen Verbindung oberhalb des Wickelkopfes 20 liegt, so dass der Innendurchmesser des die Wicklung 32 umschließenden Lamellenpaketes 24 nicht zu reduzieren ist.

Die Seitenansichten der in den Figuren 12b, 13b und 14b dargestellten Ausführungsvarianten der Wicklung 32 zeigen, dass die Wicklung 32 zwischen der Sternpunktseite 23 und der Schaltseite 25 vom Lamellenpaket 24 umschlossen ist. Sowohl auf der Schaltseite 25 als auch auf der Sternpunktseite 23 sind jeweils verschränkte Wicklungsdrähte 27 zu er-  
20 kennen. Das Lamellenpaket 24 umschließt die Wicklung 32 im Wesentlichen in dem Bereich, in welchem an dem Drahtkorb 22 streng parallel zueinander verlaufende U-Bügelelemente 7 angeordnet sind. Auf der Sternpunktseite 23 ist der Sternpunkttring 40 auf der Innenseite des Wickelkopfes 20 liegend dargestellt. In analoger Weise sind die Wicklungen 32 gemäß der Seitenansichten in den Figurensequenzen B beziehungsweise C aus-  
25 gebildet.

Die einzelnen in den Figuren 12a, 12b, 12c; 13a, 13b, 13c und 14a, 14b, 14c dargestellten Ausführungsvarianten der Wicklung 32 unterscheiden sich voneinander durch die Ausbildung des Sternpunkttringes 40.

30 Gemäß Figur 12c befindet sich am Wickelkopf 20, der vom Lamellenpaket 24 umschlossen ist und durch die Rundung 10 der U-Bügelelemente 7 gebildet ist, der Sternpunkttring 40. Auf diesem ist ein zweiter Anschluss 43 angeordnet, dem gegenüberliegend sich ein erster Anschluss 42 definiert. Der erste Anschluß 42 gemäß Figur 12c korrespondiert zum Leiter-  
35 element 19, welches zur Bestromung der Wicklung 32 dient.

Aus der Detailansicht gemäß Figur 13c geht hervor, dass der Sternpunkttring 40 die zweiten Anschlüsse 43 im Bereich von im Sternpunkttring 40 liegenden ausgebildeten Ausnehmungen 45 umschließt. Die Oberseite des Wickelkopfes 20 ist durch die Rundungen 10 der U-

Bügelelemente 7 gebildet. Die Außenseite der Wicklung 32 ist durch das Lamellenpaket 24 umschlossen. Aus dieser perspektivischen Darstellung ist die Keilform 13 der U-Bügelelemente 7 zu erkennen.

- 5 Aus der Detailansicht der Wicklung 32 gemäß Figur 14c ist erkennbar, dass die zweiten Anschlüsse 43 von Schlaufen 44 umschlossen sind, welche den Sternpunkttring 40 bandförmig an seiner Außenseite umschließen. Die Wicklung ist vom Lamellenpaket 24 an der Außenseite umgeben. Dem zweiten Anschluss 43 liegt ein erster Anschluss 42 gegenüber, der zum Leiterelement 19 zur Bestromung der Wicklung 32 korrespondiert. Die beiden
- 10 Anschlüsse 42, 43 sind in radialer Richtung voneinander beabstandet. Aus den Detaildarstellungen der Figurensequenz A, B und C geht hervor, dass der Sternpunkttring 40, der Sternpunkttring 40 mit Ausnehmungen 45 sowie der Sternpunkttring 40, der an seiner Außenseite von einem Schlaufen 44 enthaltenden Ring umschlossen ist, jeweils auf der Innenseite 41 des Wickelkopfes 20 liegt. Dies reduziert die Baulänge der erfindungsgemäß hergestellten Wicklung 32 nicht unerheblich.

- Die beschriebene Wicklung 32 zeichnet sich einerseits aufgrund der in die U-Bügelelemente 7, 11 sowie 20 eingepprägten Keilform 13 durch einen hohen Nutfüllfaktor aus. Ferner ist die Herstellung der Wicklung 32 automatisierbar, wobei in besonders vor-
- 20 teilhafter Weise die Verschaltung eines integrierten Sternpunktes 21 während der Herstellung der Wicklung 32 erfolgen kann. Auch die Verschaltung des integrierten Sternpunktes 21 ist mittels des erfindungsgemäß vorgeschlagenen Verfahrens automatisierbar. Ferner zeichnet sich die Wicklung 32 mit integriertem Sternpunkt 21 durch eine kompakte und Bauvolumen-minimierte Ausgestaltung aus.

Bezugszeichenliste

	1	Prägewerkzeug	42	erster Anschluss
	2	Hydraulikstempel	43	zweiter Anschluss
5	3	Drahtmaterial in Stabform	44	Schlaufe
	4	erstes Formteil	45	Ausnehmung
	5	zweites Formteil		
	6	Materialeinlauf		
	7	U-Bügelement		
10	8	erstes Drahtende		
	9	zweites Drahtende		
	10	Rundung		
	11	Sternpunktdraht		
	12	Phasendraht		
	13	Keilform		
	14	Schränkwerkzeug		
	15	Außenscheibe		
	16	Innenscheibe		
	17	erste Öffnungen		
20	18	zweite Öffnungen		
	19	Leiterelement zur Bestromung der Wicklung	32	
	20	Wickelkopf		
	21	integrierter Sternpunkt		
	22	Drahtkorb		
25	23	Sternpunktseite		
	24	Lamellenpaket		
	25	Schaltseite		
	26	Schränkwerkzeug		
	27	verschränkte Wicklungsdrähte		
30	28	erste Klemmbacke		
	29	zweite Klemmbacke		
	30	Verschweißung Sternpunktseite		
	31	Isolation		
	32	Wicklung		
35				
	40	Sternpunkttring		
	41	Innenseite Wickelkopf		

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von mehrphasigen Wicklungen (32) einer elektrischen Maschine mit nachfolgenden Verfahrensschritten:

- 5
- a) dem Einprägen einer den Nutfüllfaktor erhöhenden Querschnittsprofilierung (13) in Drahtelemente (7, 11, 12),
- 10
- b) dem Bestücken von Schränkwerkzeugen (14, 26) mit den geprägten Drahtelementen (7) zur Ausbildung der Wicklung (32), mit geprägten Drahtelementen (11) zur Ausbildung eines integrierten Sternpunktes (21) und mit geprägten Drahtelementen (12) zur Bestromung der Wicklung (32),
- c) dem Verschränken der geprägten Drahtelemente (7, 11, 12) in Schränkwerkzeugen (14, 26) in Endbereichen der Drahtelemente (7, 11, 12) und
- d) der Ausbildung einer Verschaltung des integrierten Sternpunktes (21) durch thermisches Fügen (30) oder Kaltkontaktierungstechnik der Drahtelemente (11) für den integrierten Sternpunkt (21) mit einem Verschaltungsring (40) an einer Innenseite (41) eines erzeugten Wickelkopfes (20).
- 20

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass den Drahtelementen (7, 11, 12) eine Querschnittsprofilierung in Keilform (13) aufgeprägt wird.

- 25
3. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass den Drahtelementen (7, 11, 12) eine ovale oder kreisförmige Querschnittsprofilierung aufgeprägt wird.

- 30
4. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Bestückung der Schränkwerkzeuge (14, 26) mit den geprägten Drahtelementen (7, 11, 12) derart erfolgt, dass die den integrierten Sternpunkt (21) ausbildenden geprägten Drahtelemente (11) in einem Winkel von 120° zueinander versetzt angeordnet sind.

- 35
5. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Wickelkopf (20) durch ein Verschränken der Schränkwerkzeuge (14, 26) geformt wird.

6. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass gemäß Verfahrensschritt b) ein Drahtkäfig (22) ausgebildet wird, welcher mit einem Lamellenpaket (24) gefügt wird.

7. Verfahren gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Lamellenpaket (24) im Fügebereich des Drahtkorbes (22) mit einer Isolation (31) versehen wird.

5 8. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die die Wicklung (32) ausbildenden geprägten Drahtelemente (7) an einem schaltseitigen Ende (25) der Wicklung (32) miteinander kontaktiert werden.

10 9. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass an einem verschaltungspunktseitigen Ende (23) der Wicklung (32) eine automatisierbare Kontaktierung (30) des integrierten Sternpunktes (21) im Wege des Widerstand-, Laser- oder Elektronenschweißens, im Wege eines Lötverfahrens oder durch Warmpressen oder Kaltpressen erfolgt.

10. Verfahren gemäß Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die automatisierbare Kontaktierung (30) durch Verbindung der Drahtelemente (11) zur Ausbildung des integrierten Sternpunktes (21) mit einem Verschaltungsring (40) erfolgt, der Ausnehmungen (45) aufweist oder von einem Ringmaterial umschlossen ist, dessen Schlaufen (44) die Drahtelemente (11) zur Ausbildung des integrierten Sternpunktes (21) umschließen.



Zusammenfassung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung von mehrphasigen Wicklungen (32) einer elektrischen Maschine, bei dem die nachfolgenden Verfahrensschritte durch-  
5 laufen werden. Drahtelementen (7, 11, 12) werden den Nutfüllfaktor erhöhende Querschnittsprofilierungen (13) eingeprägt. Schränkwerkzeuge (14, 26) werden mit den geprägten Drahtelementen (7) zur Ausbildung der Wicklung (32), mit geprägten Drahtelementen (11) zur Ausbildung eines integrierten Sternpunktes (21) und mit geprägten Drahtelementen (12) zur Bestromung der Wicklung (32) bestückt. Mittels der Schränkwerkzeuge (14,  
10 26) werden die geprägten Drahtelemente (7, 11, 12) in ihren Endbereichen verschränkt. Es erfolgt eine Ausbildung einer Verschaltung des integrierten Sternpunktes (21) durch thermisches Fügen (30) der geprägten Drahtelemente (11) für den integrierten Sternpunkt (21) mit einem Verschaltungsring (40) an einer Innenseite (41) eines erzeugten Wickelkopfes (20).

(Figur 4)

Fig. 1

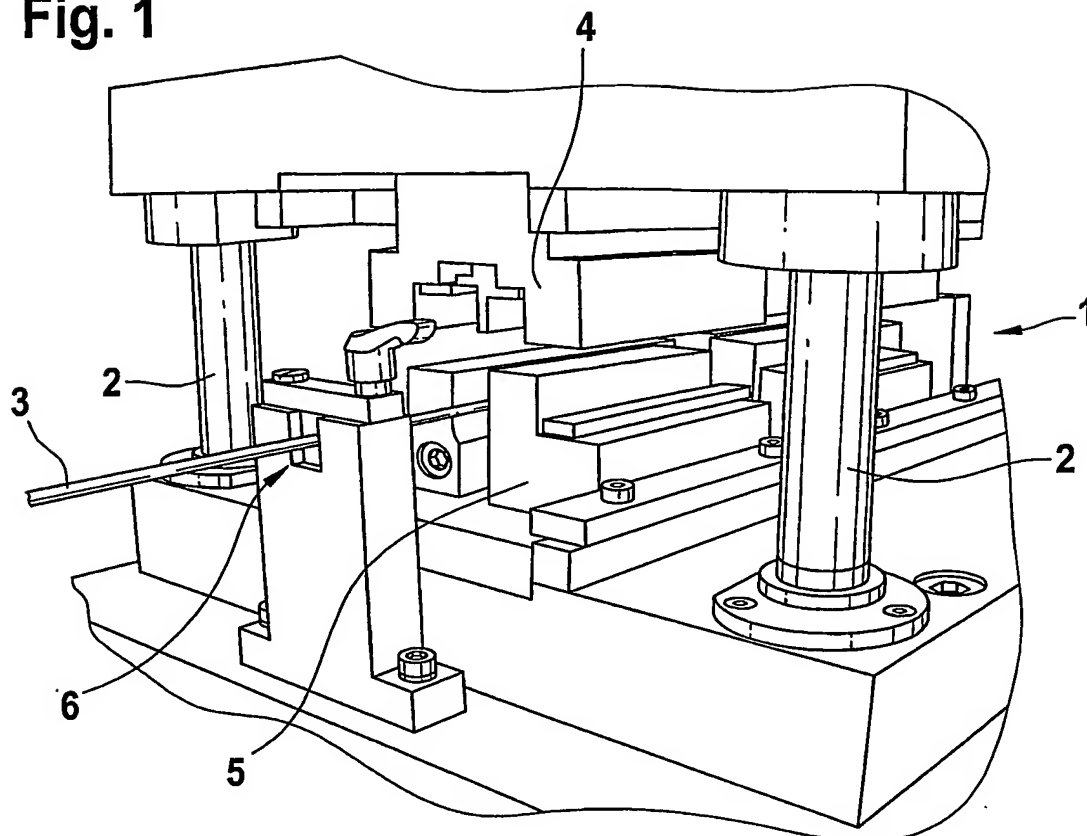


Fig. 2a

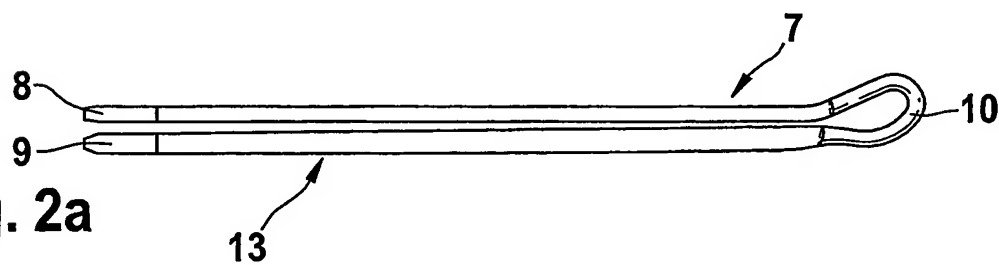


Fig. 2b

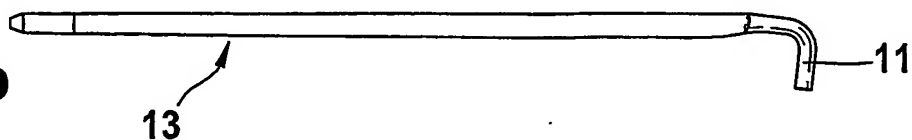


Fig. 2c

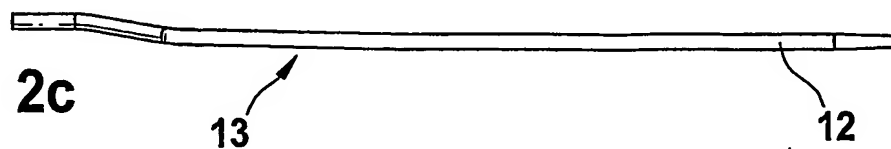


Fig. 3

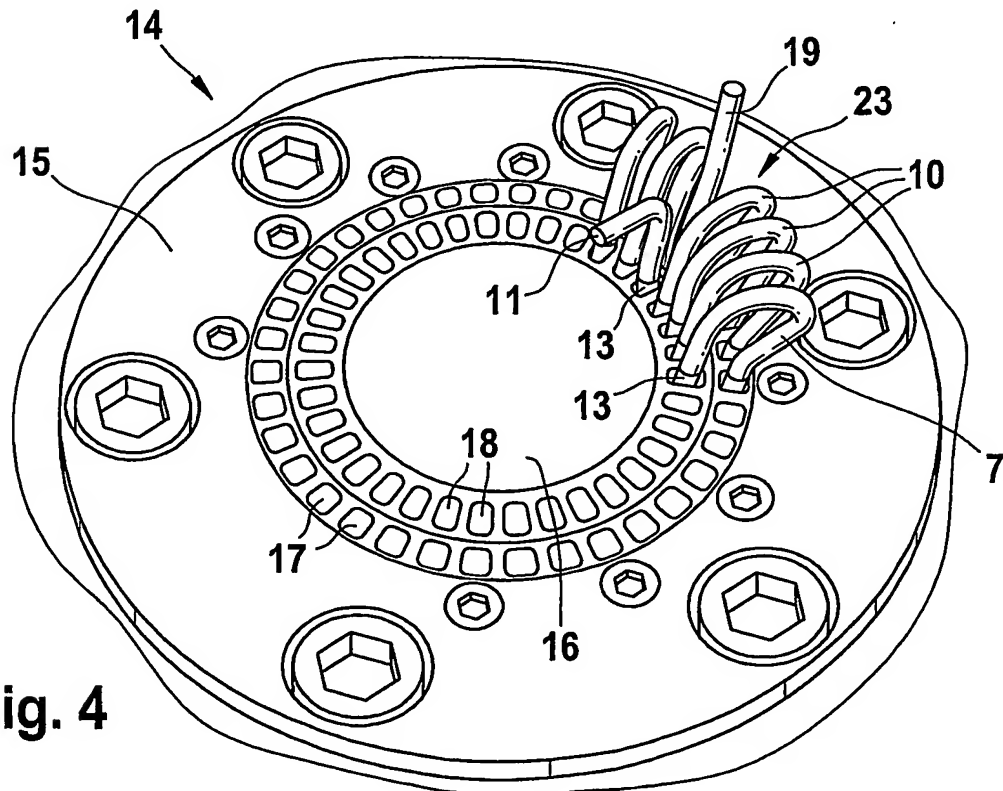
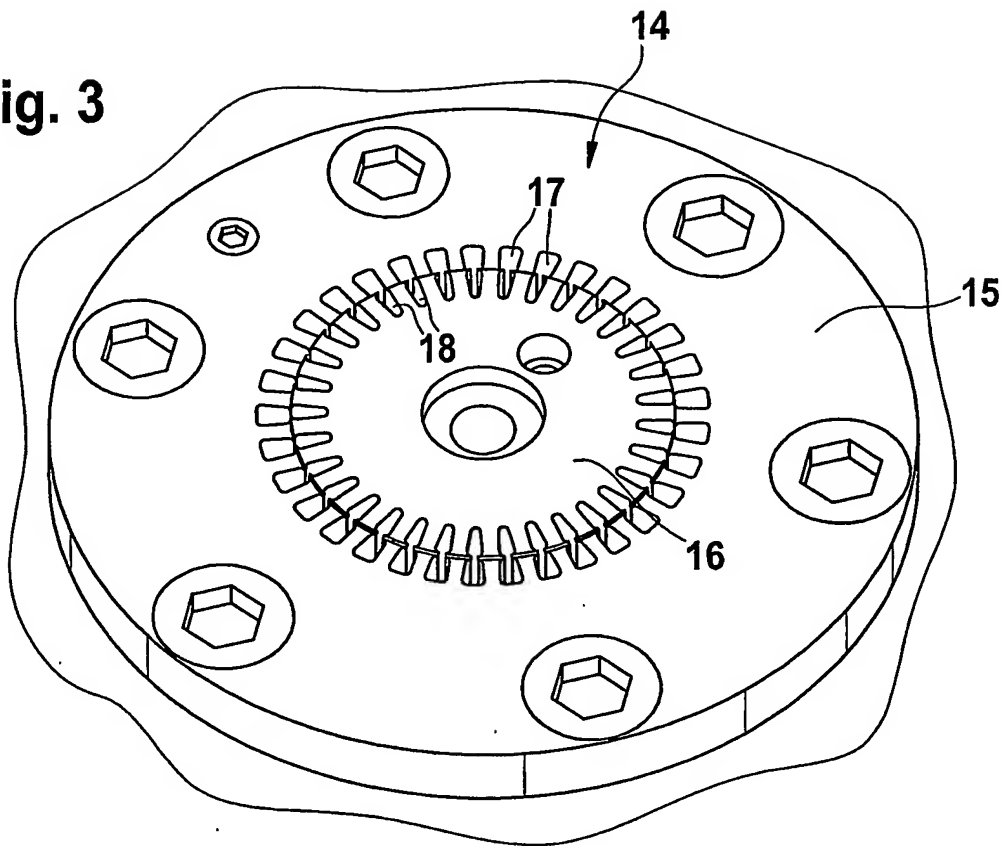


Fig. 4

Fig. 5

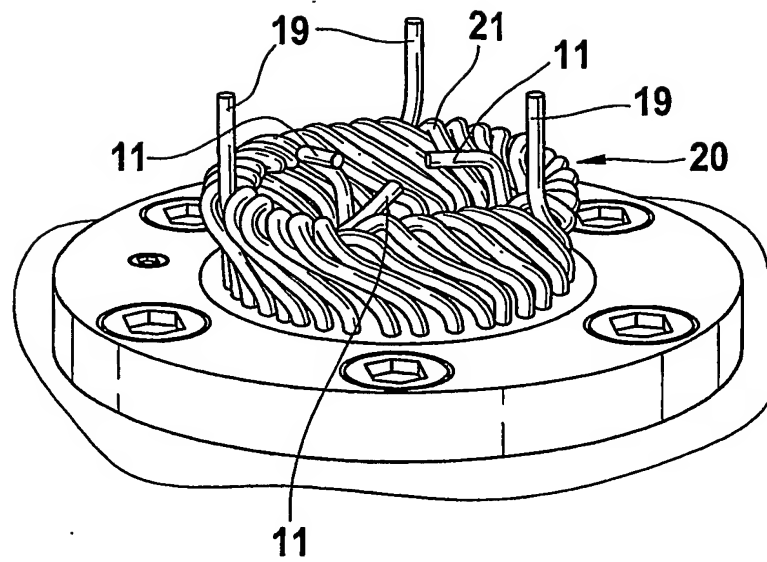


Fig. 6

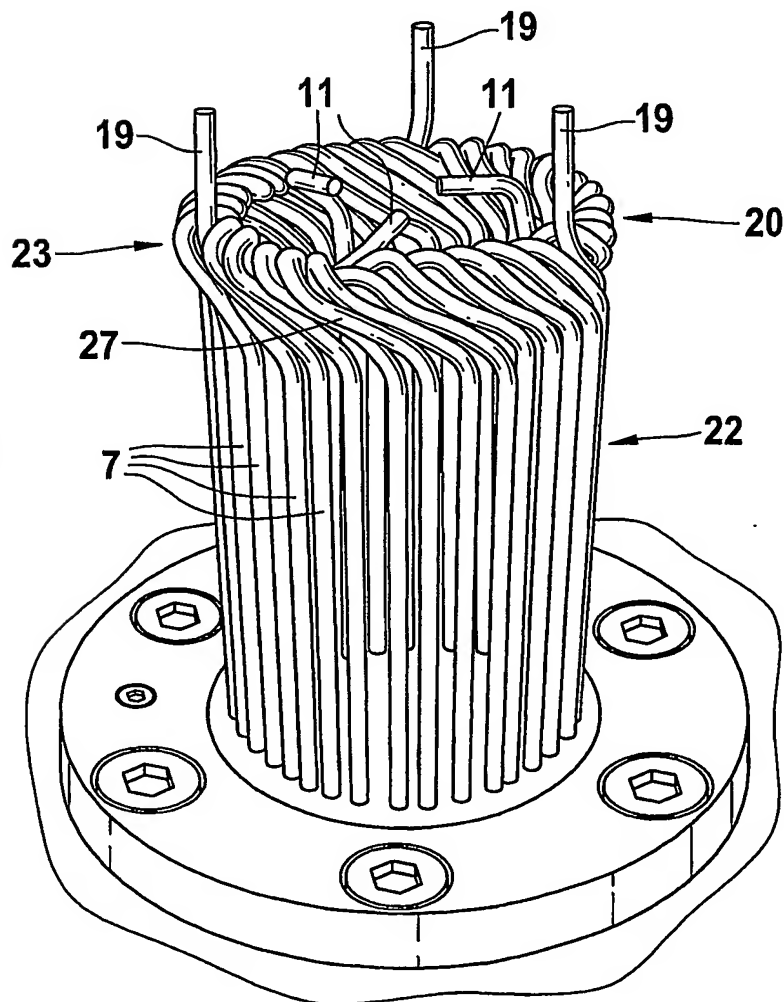


Fig. 7

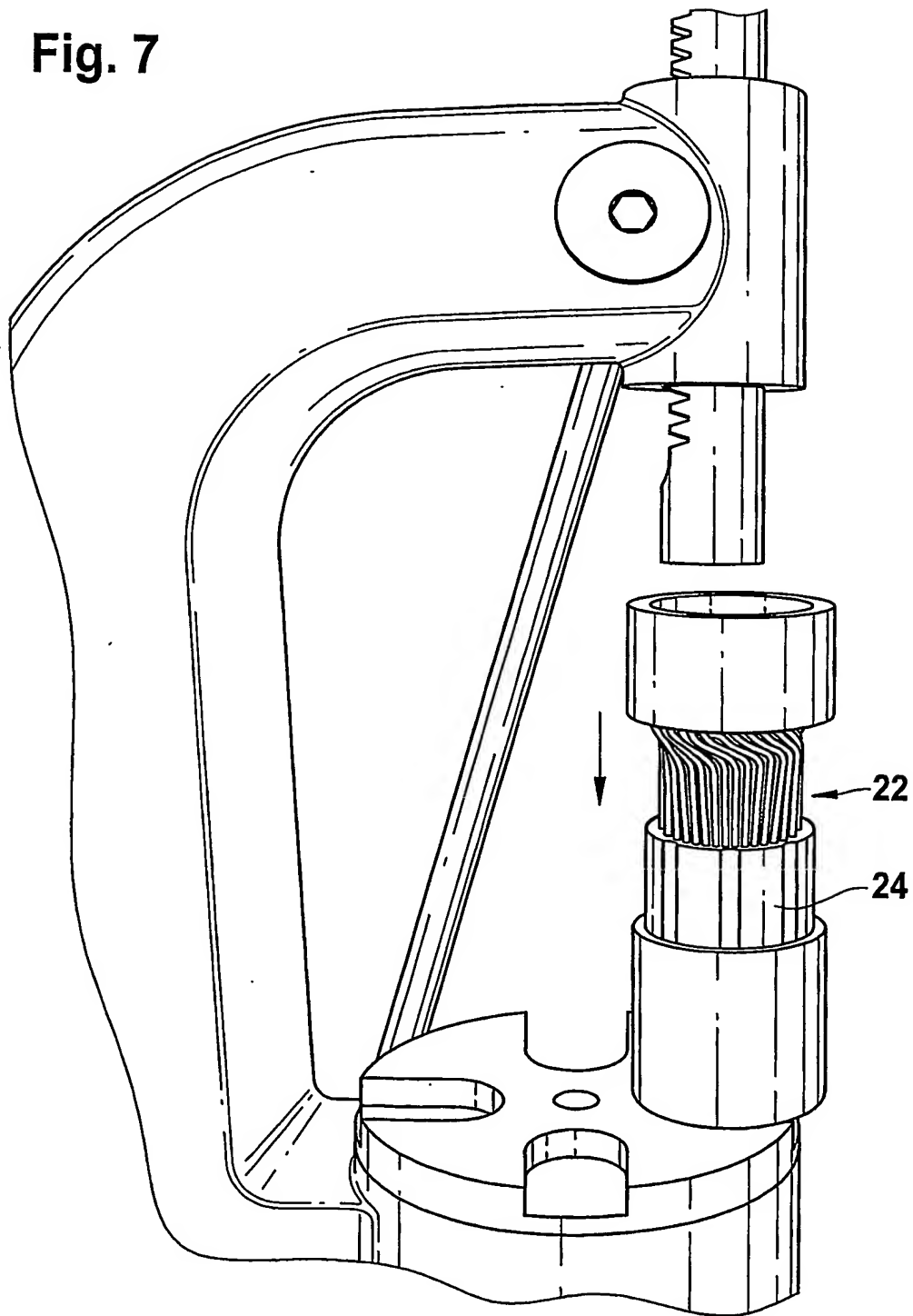


Fig. 8

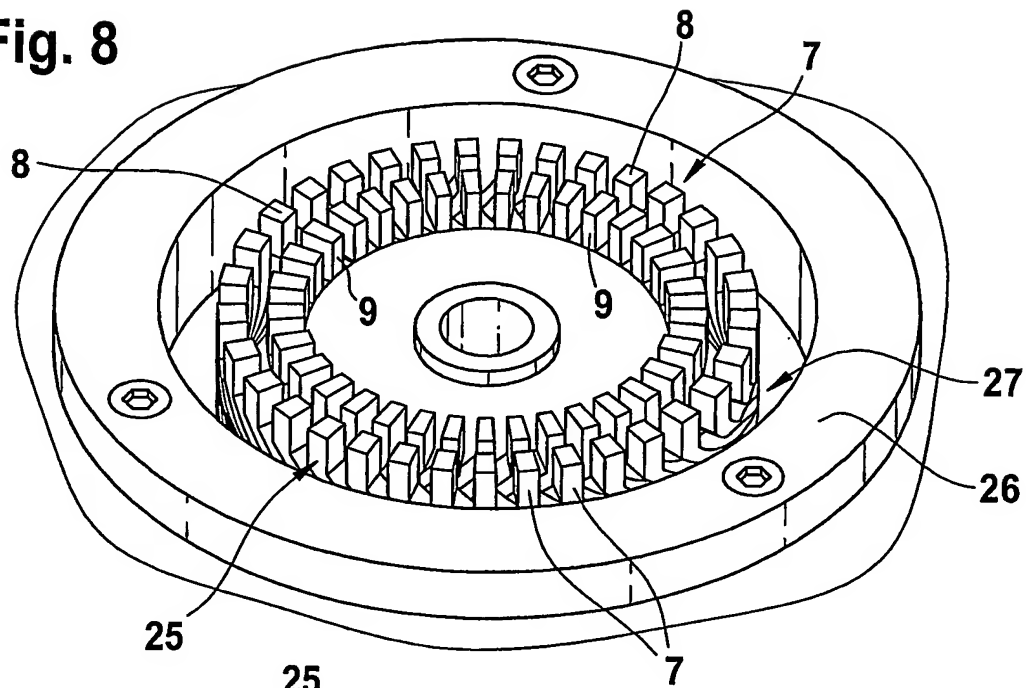


Fig. 9

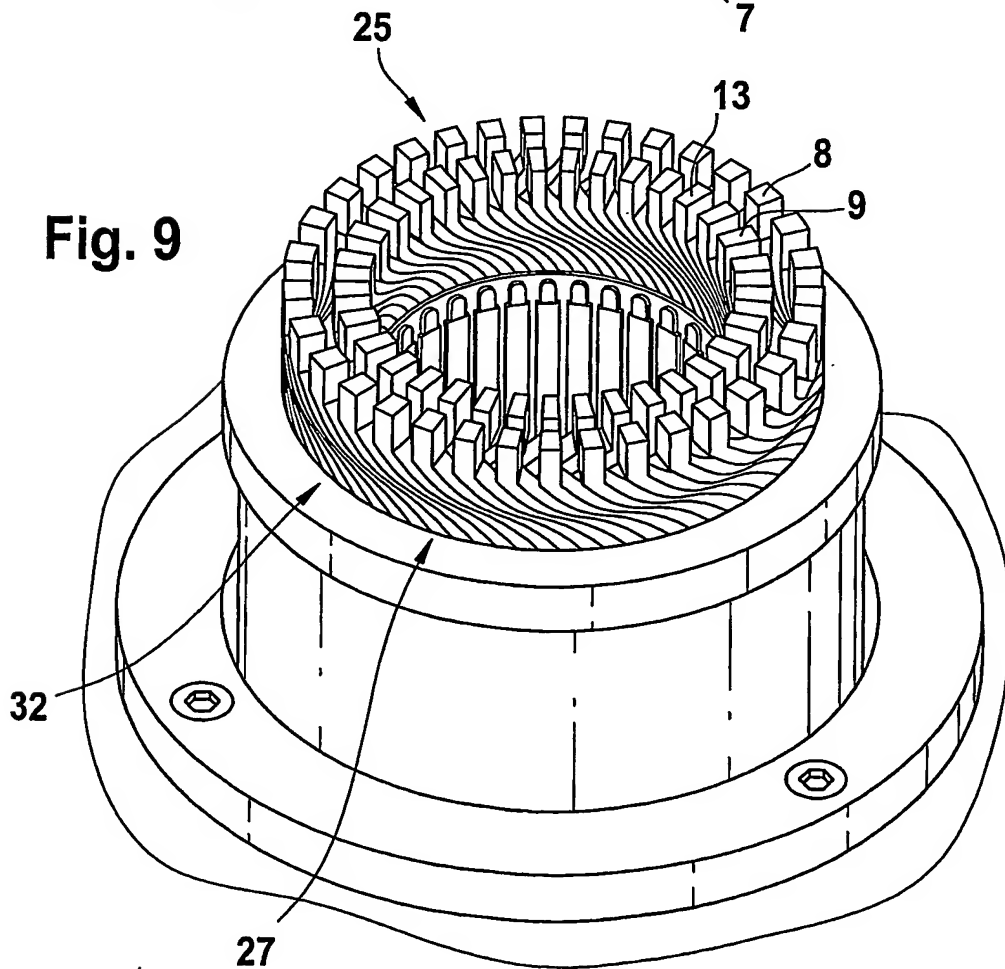


Fig. 10

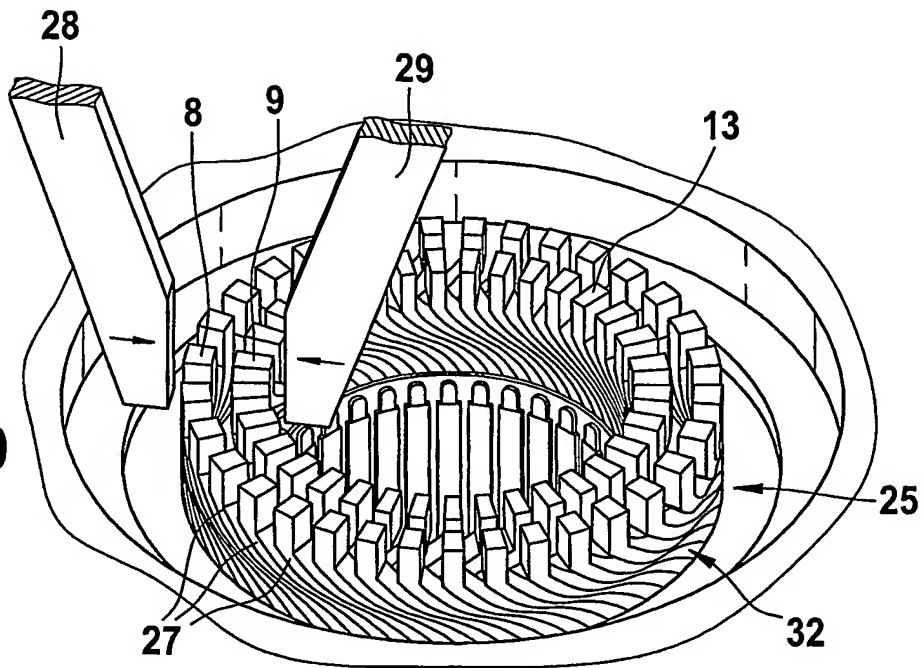


Fig. 11

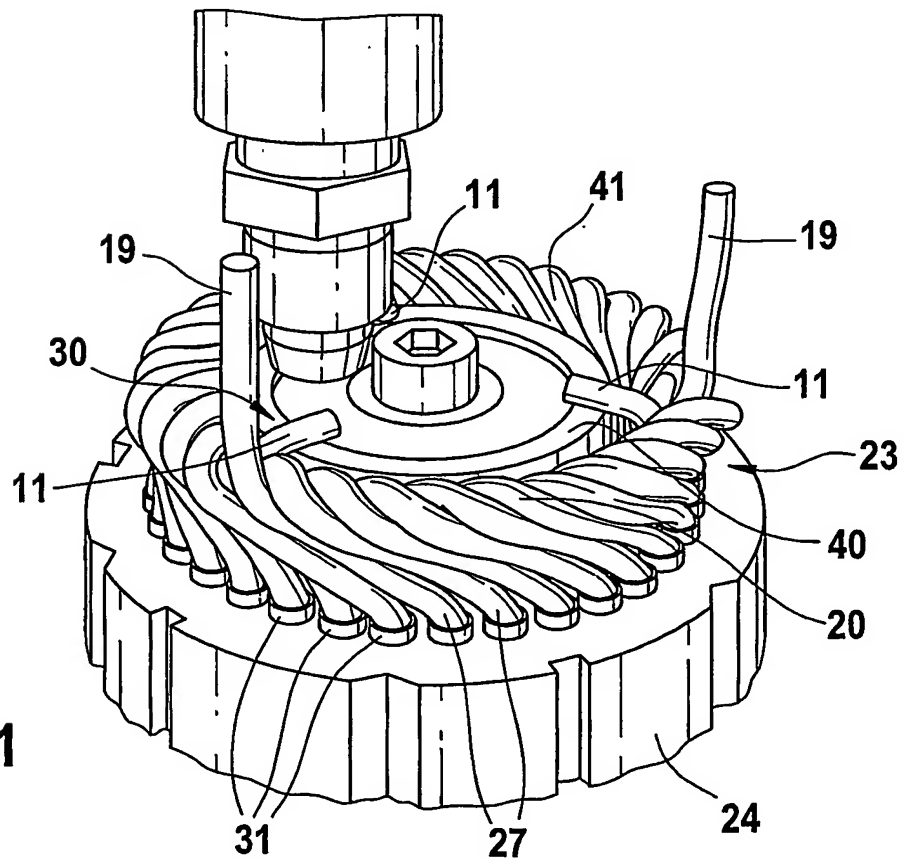


Fig. 12a

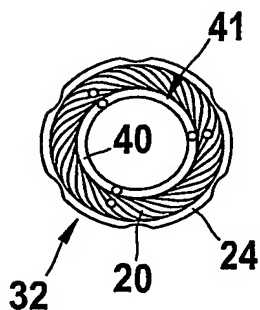


Fig. 12b

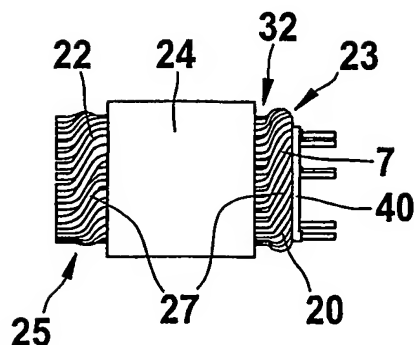


Fig. 12c

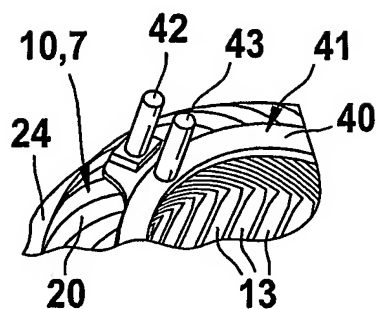


Fig. 13a

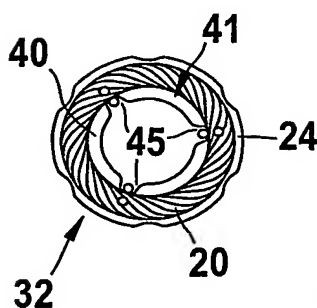


Fig. 13b

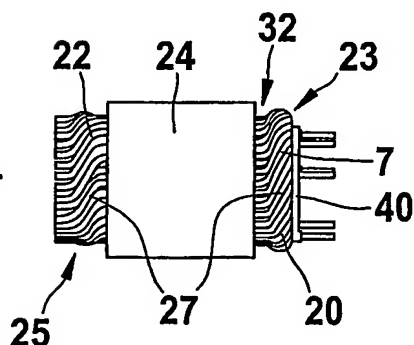


Fig. 13c

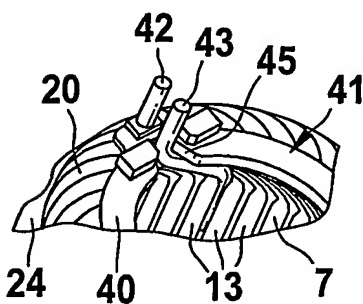


Fig. 14a

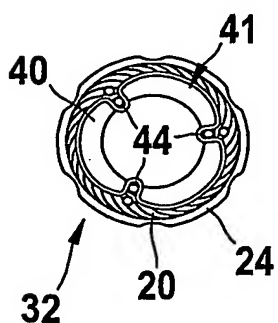


Fig. 14b

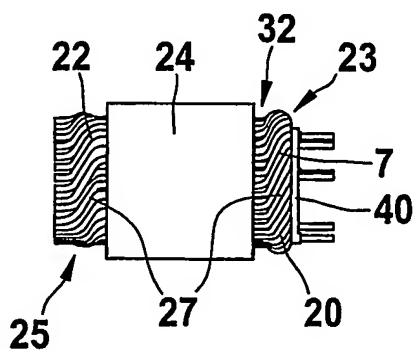
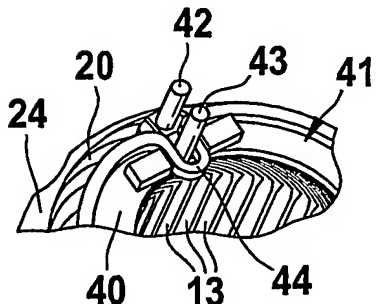


Fig. 14c





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**